





KIC 7542091 Örtlen Çift Sisteminde Çevrimsel Manyetik Aktivite

Zahide Terzioğlu¹ *, Hande Gürsoytrak¹ , Sacit Özdemir¹ , Birol Gürol¹ 

¹ Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Ankara, 06100, Türkiye

Accepted: June 14, 2023. Revised: June 5, 2023. Received: December 26, 2022.

Özet

Bu çalışmada, KIC 7542091 sisteminin Kepler Uzay Teleskobu ile alınmış yüksek duyarlıklı fotometrik verileri kullanılarak çevrimsel aktivitenin yapısı ortaya konulmuştur. Sistemin toplam 18 ayrı çeyrekte (quarter) alınmış ışık eğrileri dikkate alınarak maksimum ve minimum parlaklıkları ile bu parlaklıklar arasındaki farklar incelenmiş ve yaklaşık 150 gün dönemli çevrimsel değişimin bulunduğu gösterilmiştir. Bu değişimin, sistemin tayf türüyle (G1V; (Frasca ve diğ. 2016)) uyumlu bir şekilde aktivite kaynaklı olacağı önerilmektedir.

Abstract

In this study, the cyclic structure of the activity is revealed by using high-precision photometric data of the KIC 7542091 system taken with the Kepler Space Telescope. Considering the light curves of the system taken in a total of 18 different quarters, the maximum and minimum brightnesses and the differences between these brightnesses were examined and it was shown that there was a cyclic variation with a period of about 150 days. It is suggested that this variation is originated from activity which is corresponding with the spectral type of the system G1V; (Frasca ve diğ. 2016).

Anahtar Kelimeler: techniques: photometry – (stars) binary: eclipsing – astronomical database: KEPLER, TESS

1 Giriş

NASA tarafından 2009 yılında fırlatılan Kepler Uzay Teleskobunun bilimsel amacı, özellikle yaşanabilir bölgelerde Güneş Sisteminin dışında bulunan gezegenleri aramak ve tespit edilen gezegen sistemlerinin özelliklerini belirlemek olmuştur (Borucki ve diğ. 1997). Teleskobun görüş alanına giren bölgeler (Pigulski ve diğ. 2009, FoV: 115.6 derece kare) 4 yıl boyunca 150.000'den fazla nesneyi yüksek fotometrik hassasiyetle (yaklaşık 20 ppm, $V=12^m$ ve 6.5 saatlik pozlama için) gözledi. Bu süreçte çok sayıda değişen yıldızın da gözlemi gerçekleştirilmiş oldu. Yüksek duyarlılığa sahip Kepler fotometrik gözlemlerinin kesintisiz ve uzun zaman aralığını kapsaması (Koch ve diğ. 2010), yıldızlarda gerçekleşen fiziksel süreçlerin detaylı olarak incelenmesine olanak sağlamıştır.

Kepler uydu teleskobunun gözlemsel verileri uzun (Long Cadence, LC) ve kısa (Short Cadence, SC) kadans olmak üzere iki farklı veri setinden oluşmaktadır. Her kadans 0.52 saniyelik okuma süresi ile 6.02 saniyelik çoklu pozların birleştirilmesinden meydana gelmektedir. LC verileri 270 görüntünün birleştirilmesinden (29.4 dakika), SC verisi ise 9 görüntünün birleştirilmesinden (59.8 saniye) elde edilmektedir (Gilliland ve diğ. 2010).

KIC 7542091 (ASAS J194252+4309.8) sistemi, kısa dönemli ($P=0.3904996$ gün, $V=12^m 457$, $\alpha_{2000}=19^h 42^m 52^s$, $\delta_{2000}=+43^{\circ}09'52.62''$) W Uma türü bir örtlen değişendir (Pigulski ve diğ. 2009; Slawson ve diğ. 2011). Sistemin Lamost tayfindan Frasca ve diğ. (2016) tayf türünü G1V, etkin sıcaklık değerini 5854 K ve $\log g$ değerini 4.19 (Frasca ve diğ. 2016)

olarak verirken, Zhang ve diğ. (2019) ise etkin sıcaklık değerini 6034 K ve $\log g$ değerini ise 4.30 olarak vermişlerdir.

Aynı zamanda Zhang ve diğ. (2019), sistemin uzaklığını 488 pc ve olası yaş değerini 4.1 Gyl olarak belirtmişlerdir. Deboscher ve diğ. (2011) sistemin ışık eğrisi değişim genliğini $0^m 130$ olarak vermiş ve ışık eğrisinde gözlenen değişimlerin yıldız aktivitesine bağlı lekelerden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Tran ve diğ. (2013) KIC 7542091 sisteminin $O-C$ değişimi incelemiş, birinci ve ikinci minimumlar arasındaki değişimin antikorelasyonlu bir davranış sergilediğini belirtmişlerdir. Bu davranışın, özellikle bir lekenin genel olarak birinci ve ikinci minimum zamanlarını farklı şekilde etkileyeceğini ve sistemin yörünge döneminin büyük bir kısmında görünür olacağını söylemişlerdir.

Bu çalışmada, KIC 7542091 sisteminin uzun kadans (long cadance) verisinin zamana bağlı değişimi incelenmiştir.

2 Gözlemsel Veri

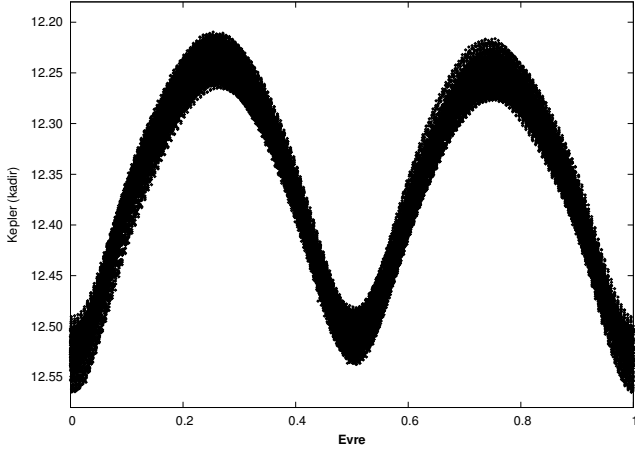
KIC 7542091 örtlen çift sistemi Kepler Uzay Teleskobu tarafından K1 görevi sırasında 2009–2013 yılları arasında gözlenmiştir. Çift sistemin Kepler verisi uzun kadans türünde olup 18 çeyrekte (quarter: 0-17) oluşan yaklaşık 4 yıllık zaman aralığına dağılmıştır.

KIC 7542091 sistemine ait olan veriler, Çoklu Görev Arşivi olan MAST (Multimission Archive at STScI) veri tabanından alınmıştır. Bu çalışmada daha az saçılma gösterdiği tespit edilen Kepler SAP (Simple Aperture Photometry) türü gözlemsel veriler dikkate alınmıştır (Şekil 1). Işık eğrisinin evrendirilmesi yapıldıkça kullanılan ışık elemanları aşağıda verilmiştir:

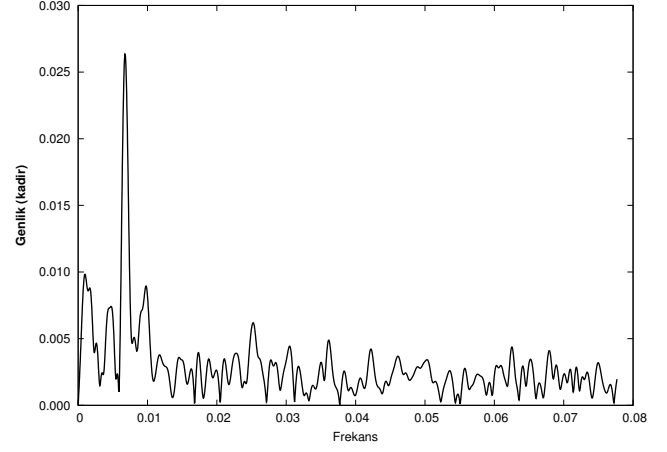
$$BJD(\text{Min. I}) = 2454953.873119 + 0.3904996 \times E \quad (1)$$

* zahideterzioglu@gmail.com

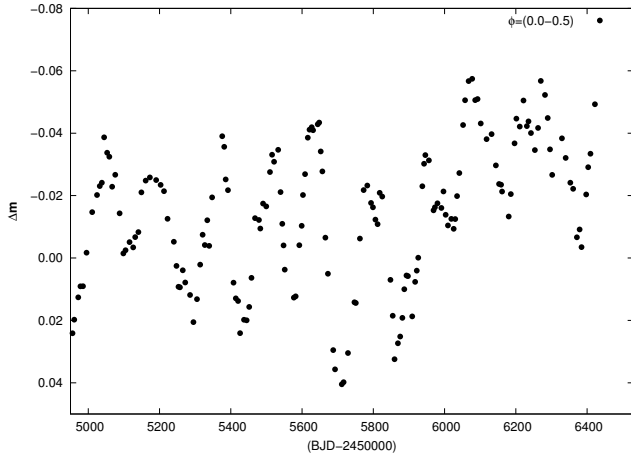
2 Terzioğlu, Z. ve diğ.



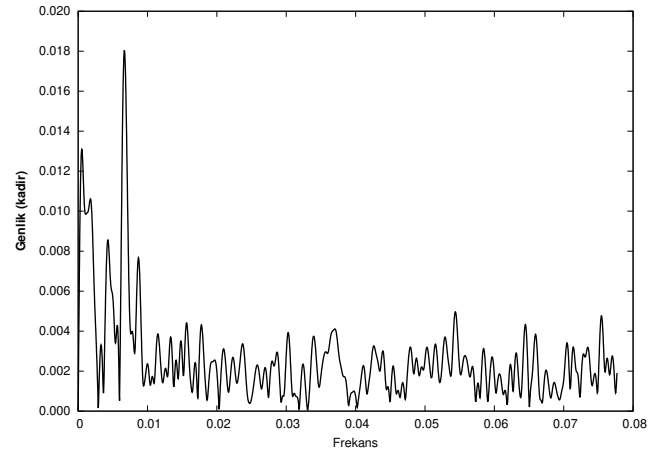
Şekil 1. KIC 7542091 sisteminin toplam 18 ayı dönemde alınmış uzun kadans gözlemlerinin evreye göre değişimi.



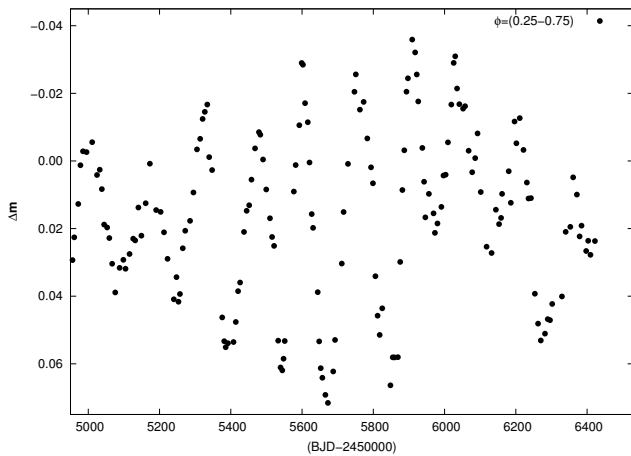
Şekil 4. KIC 7542091 sisteminin minimum parlaklıkları arasındaki farkın frekans bölge analizi.



Şekil 2. KIC 7542091 sisteminin birinci ve ikinci minimum evresindeki parlaklıklar arasındaki farkın zamana göre değişimi.



Şekil 5. KIC 7542091 sisteminin maksimum parlaklıkları arasındaki farkın frekans bölge analizi.



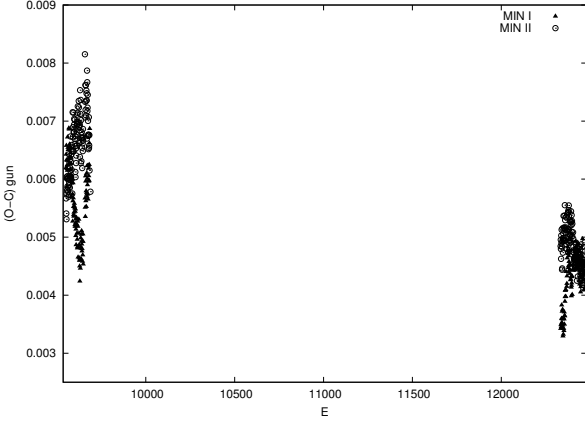
Şekil 3. KIC 7542091 sisteminin birinci ve ikinci maksimum evresindeki parlaklıklar arasındaki farkın zamana göre değişimi.

Çalışmada öncelikli olarak 18 ayı dönemde alınmış gözlemsel veriler sisteme ilişkin ışık elemanları dikkate alınarak evrelendirilmiş ve ardından bu veriler, tüm evrelerde dağılım gösterecek şekilde birleştirilmiştir. Bu birleştirme işlemi art arda gelen gözlemsel noktalar arasındaki farkın en küçük olduğu 170 ışık eğrisi elde edilmiştir.

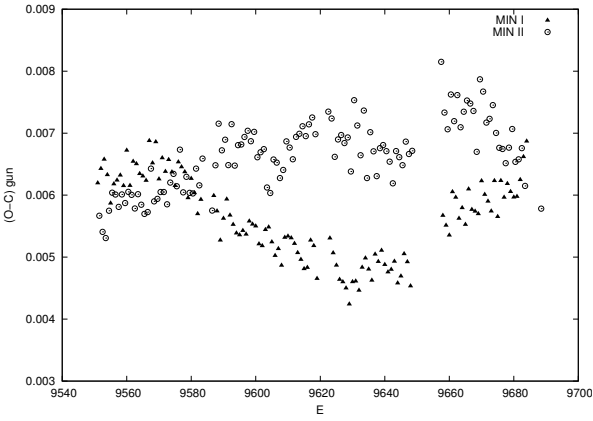
KIC 7542091 sistemi için oluşturulan 170 ışık eğrisi dikkate alınarak birinci minimum ($\varphi=0.0$), ikinci minimum ($\varphi=0.5$), birinci maksimum ($\varphi=0.25$) ve ikinci maksimum ($\varphi=0.75$) evrelerine karşılık gelen parlaklık değerleri ölçülmüştür. Dört farklı evre için ölçülen parlaklık değerleri arasında oluşturulan parlaklık farkları, her bir ışık eğrisi için hesaplanan ortalama gözlem zamanları dikkate alınarak ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Hesaplanan minimum parlaklıklar arasındaki fark ve maksimum parlaklıklar arasındaki fark grafikleri sırasıyla Şekil 2 ve 3'de verilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi sistemde hem minimum parlaklıkların hem de maksimum parlaklıkların farkları çevrimli şekilde değişim göstermektedir.

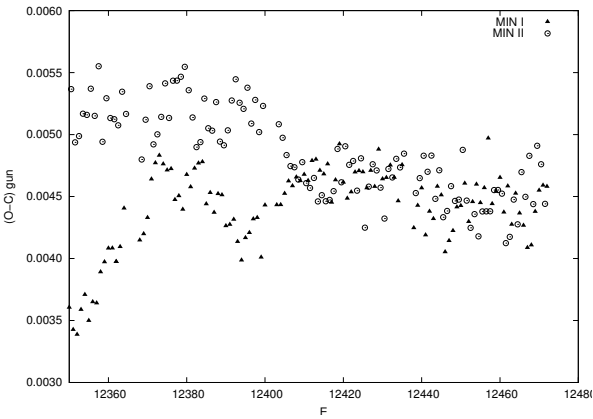
Minimum parlaklıklar arasındaki farkın değişimi incelendiğinde hem pozitif hem de negatif değerlerin varlığı, ikinci minimum seviyesinin zaman zaman birinci minimumdan



Şekil 6. KIC 7542091 sisteminin TESS verilerinin tüm minimum zamanları ile oluşturulan $O-C$ eğrisi.



Şekil 7. TESS verilerinin 9540-9700 çevrimleri arasındaki minimum zamanlarına karşılık gelen $O-C$ değişimi.



Şekil 8. TESS verilerinin 12350-12480 çevrimleri arasındaki minimum zamanlarına karşılık gelen $O-C$ değişimi.

daha derin olabildiğini göstermektedir. Benzer şekilde, Şekil 3'de, yine farkların pozitif ve negatif değerler alıyor olması maksimum seviyelerinin de değişen yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Fourier analizi kullanılarak her iki gözlem verisinin de şekilde değişim gösterdiğini ortaya çıkarmak mümkündür. Veriler düzenli zaman aralıklarında olmadığından "Discrete

Fourier Transform" algoritmasına (Press ve diğ. 2007) dayalı, literatürde en çok kullanılan programlardan biri olan Period04 (Lenz & Breger 2005) programı kullanılmıştır. Analizler sonucunda minimum parlaklıklar arasındaki fark için Şekil 4'de gösterilen frekans grafiği elde edilmiştir ve buradan baskın frekansın $f=0.00675 \pm 0.00125$ gün⁻¹ olduğu anlaşılmaktadır. Bu frekans değerine karşılık gelen dönem $P=148 \pm 28$ gün kadardır. Benzer şekilde Şekil 5'de gösterilen maksimumlar arasındaki parlaklık farkı için $f=0.00665 \pm 0.00117$ gün⁻¹ bulunmuştur ki bu değere karşılık gelen dönem $P=150 \pm 27$ gün olarak bulunmuştur.

KIC 7542091 sisteminin TESS verilerinden hesaplanan minimum zamanları kullanılarak çizilen $O-C$ değişimi Şekil 6'te gösterilmiştir. Şekil 7 ve 8'de ise sistemin minimum zamanlarına ilişkin $O-C$ değişimlerini daha ayrıntılı şekilde görmek mümkündür.

Sistemin $O-C$ diyagramında izlenen çevrimli değişimler (Şekil 7 ve 8) yaklaşık 150 gün dönemli yapılar ortaya koymaktadır.

Yaklaşık 150 günlük dönemli değişimin manyetik aktivite kökenli olduğu düşünülmektedir. Sistemin minimum parlaklıkları arasındaki 0.026 kadirlik ve maksimum parlaklıkları arasındaki 0.018 kadirlik çevrimli değişim, yeryüzünden yapılacak fotometrik gözlemlerin hata sınırları içerisinde. Bu düzeydeki parlaklık değişimlerinin yıldız yüzeyinde bulunacak soğuk/sıcak leke veya lekelerin boyut, sıcaklık veya konumlarındaki küçük değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu amaçla oluşturulan 170 ışık eğrisi, sisteme özgü temel parametreler sabit tutularak leke etkinliği açısından incelenecektir. Bu inceleme sonucunda leke parametrelerinde yaklaşık 150 gün dönemli değişimin ortaya çıkarılabileceği düşünülmektedir.

3 Sonuç ve Tartışma

KIC 7542091 sistemi için oluşturulan 170 ışık eğrisi için minimum ve maksimum parlaklıklar arasındaki farkın zamana bağlı olarak çevrimli bir şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 2 ve 3). Bu değişimin yaklaşık 150 gün çevrimli olduğu görülmektedir. Bu yapı TESS verilerinden hesaplanan $O-C$ değişiminde görülen çevrimsel yapılarla uyumluluk göstermektedir. Ayrıca Kepler verilerinde zamana bağlı olarak minimum seviyeleri ve maksimum seviyelerinin yer değiştirebildiği anlaşılmaktadır.

Sistemin Kepler gözlemlerinden oluşturulan ışık eğrisi analizi yapılırken gözlem zamanları arasındaki farkın en az 150 gün olması gerektiği anlaşılmaktadır. Sistemin bütün gözlemlerinden oluşturulacak tek bir ışık eğrisi üzerinden analiz yapılması (Şekil 1), sistemde mevcut aktivite veya aktiviterin ortadan kaldırılmasına ve dolayısıyla sistemi oluşturan bileşen yıldızlar hakkında daha az ya da hatalı bilgiye ulaşılmasına neden olacaktır. Maksimumlara karşılık gelen parlaklık farklarında görülen bu dönemsel değişimlere yıldız atmosferindeki manyetik aktivite kaynaklı leke/leke gruplarının neden olduğu düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Borucki W., Koch D., Dunham E., Jenkins J., 1997, in Planets beyond the solar system and the next generation of space missions. p. 153
- Debosscher J., Blomme J., Aerts C., De Ridder J., 2011, Astronomy & Astrophysics, 529, A89
- Frasca A., ve diğ., 2016, Astronomy & Astrophysics, 594, A39

4 *Terzioğlu, Z. ve diğ.*

- Gilliland R. L., ve diğ., 2010, *The Astrophysical Journal Letters*, 713, L160
- Koch D. G., ve diğ., 2010, *The Astrophysical Journal Letters*, 713, L79
- Lenz P., Breger M., 2005, *Communications in Asteroseismology*, 146, 53
- Pigulski A., Pojmanski G., Pilecki B., Szczygiel D., 2009, arXiv preprint arXiv:0903.4921
- Press W. H., Teukolsky S. A., Vetterling W. T., Flannery B. P., 2007, *Numerical recipes 3rd edition: The art of scientific computing*. Cambridge university press
- Slawson R. W., ve diğ., 2011, *The Astronomical Journal*, 142, 160
- Tran K., Levine A., Rappaport S., Borkovits T., Csizmadia S., Kalomeni B., 2013, *The Astrophysical Journal*, 774, 81
- Zhang J., Qian S.-B., Wu Y., Zhou X., 2019, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 244, 43

Access:

M23-0103: [Turkish J.A&A](#) — [Vol.4, Issue 1](#).